

**ANALISIS DATA RUNTUN WAKTU MENGGUNAKAN
METODE *WAVELET THRESHOLDING*
DENGAN *MAXIMAL OVERLAP DISCRETE WAVELET TRANSFORM***

(Studi Kasus : Nilai Tukar Rupiah Terhadap Dollar US Tahun 2004 - 2014)



SKRIPSI

Disusun Oleh:

DYAH AYU KUSUMANINGRUM

24010212130054

**DEPARTEMEN STATISTIKA
FAKULTAS SAINS DAN MATEMATIKA
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG**

2016

**ANALISIS DATA RUNTUN WAKTU MENGGUNAKAN
METODE *WAVELET THRESHOLDING* DENGAN
MAXIMAL OVERLAP DISCRETE WAVELET TRANSFORM
(Studi Kasus : Nilai Tukar Rupiah Terhadap Dollar US Tahun 2004-2014)**

Disusun Oleh:

DYAH AYU KUSUMANINGRUM

24010212130054

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat Penyusunan Tugas Akhir pada

Departemen Statistika

FSM UNDIP

DEPARTEMEN STATISTIKA

FAKULTAS SAINS DAN MATEMATIKA

UNIVERSITAS DIPONEGORO

SEMARANG

2016

HALAMAN PENGESAHAN I

Judul Skripsi : Analisis Data Runtun Waktu Menggunakan Metode *Wavelet Thresholding* dengan *Maximal Overlap Discrete Wavelet Transform*
(Studi Kasus : Nilai Tukar Rupiah Terhadap Dollar US Tahun 2004-2014)

Nama : Dyah Ayu Kusumaningrum

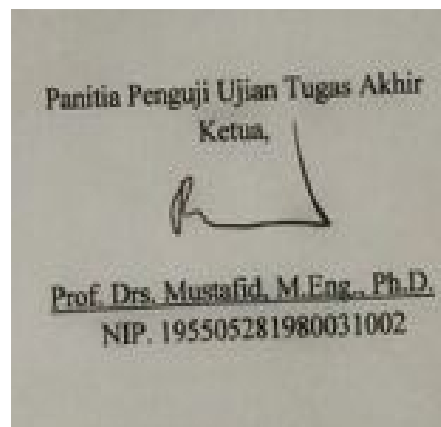
NIM : 24010212130054

Departemen : Statistika

Universitas : Universitas Diponegoro

Telah diujikan pada sidang Tugas Akhir dan dinyatakan lulus pada tanggal 19 Desember 2016.

Semarang, 29 Desember 2016



HALAMAN PENGESAHAN II

Judul Skripsi : Analisis Data Runtun Waktu Menggunakan Metode *Wavelet Thresholding* dengan *Maximal Overlap Discrete Wavelet Transform*
(Studi Kasus : Nilai Tukar Rupiah terhadap Dollar US Tahun 2004-2014)


Nama : Dyah Ayu Kusumaningrum

NIM : 24010212130054

Telah disidangkan pada tanggal 19 Desember 2016


Semarang, 29 Desember 2016

Dosen Pembimbing I



Dra. Suparti, M.Si
NIP. 196509131990032001

Dosen Pembimbing II



Dr. Di Asih I Maruddani, S.Si., M.Si
NIP. 197307111997022001

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan pada Allah SWT atas rahmat, hidayah serta karuniaNya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang diberi judul **“Analisis Data Runtun Waktu Menggunakan Metode *Wavelet Thresholding* dengan *Maximal Overlap Discrete Wavelet Transform*”**. Tugas Akhir ini disusun sebagai syarat memperoleh gelar sarjana srata satu pada Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro Semarang. Tidak lupa ucapan terima kasih atas dukungan dan bantuan berbagai pihak yaitu kepada :

1. Bapak Dr. Tarno, M.Si selaku Ketua Departemen Statistika Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro.
2. Ibu Dra. Suparti, M.Si selaku dosen pembimbing I yang atas bimbingan dan arahan serta waktu yang diberikan kepada penulis hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini.
3. Ibu Dr. Di Asih I Maruddani, S.Si., M.Si selaku dosen pembimbing II yang atas bimbingan dan arahan serta waktu yang diberikan kepada penulis hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini.
4. Keluarga dan semua pihak yang telah membantu kelancaran penyusunan Tugas Akhir ini, yang tidak dapat penulis sebutkan satu-satu.

Tugas Akhir ini tidak sempurna, oleh karenanya diharapkan dengan sangat kritik atau saran yang membangun agar Tugas Akhir ini menjadi lebih baik dan berguna bagi para pembaca selanjutnya.

Semarang, Desember 2016

Penulis

ABSTRAK

Wavelet adalah salah satu alat matematika untuk menganalisis data runtun waktu. Wavelet memiliki sifat-sifat tertentu salah satunya terlokalisasi dalam domain waktu dan frekuensi serta membentuk basis orthogonal dalam ruang $L^2(R)$. Terdapat dua jenis estimator wavelet yaitu estimator wavelet *linear* dan *nonlinear*. Estimator wavelet linear salah satunya dapat dianalisis menggunakan pendekatan *Multiresolution Analysis* (MRA). Sedangkan Estimator wavelet *nonlinear* dapat dianalisis menggunakan metode *Wavelet Thresholding*. *Wavelet Thresholding* menekankan rekonstruksi wavelet dengan menggunakan sejumlah koefisien yang lebih besar dari suatu nilai *threshold* sehingga nilai yang lain yang lebih kecil dari nilai *threshold* diabaikan. Beberapa faktor yang mempengaruhi kemulusan estimasi pada Wavelet Thesholding antara lain adalah jenis fungsi wavelet , jenis fungsi thresholding, parameter thresholding, dan level resolusi. Dalam isu permasalahan dipilih nilai *threshold* yang optimal. Berdasarkan hasil kajian empiris data nilai tukar rupiah terhadap dollar Amerika Serikat menggunakan Metode *Wavelet Thresholding* dihasilkan nilai *Mean Square Error* (MSE) yang lebih kecil dibandingkan analisis menggunakan metode pendekatan *Multiresolution Analysis* (MRA). Analisis menggunakan Wavelet Thresholding dengan studi kasus nilai tukar rupiah terhadap dollar Amerika Serikat dianggap lebih baik dibandingkan dengan analisis menggunakan metode pendekatan MRA.

Kata kunci : *Multiresolution Analysis*, Estimator *Wavelet Thresholding*.

ABSTRACT

Wavelet is a mathematical tool for analyzing time series data. Wavelet has certain properties one of which is localized in the time domain and frequency and form an orthogonal basis in the space $L^2(R)$. There are two types of wavelet estimators are linear and nonlinear wavelet estimators. Linear wavelet estimators can be analyzed using the approach of Multiresolution Analysis (MRA), while nonlinear wavelet estimator called Wavelet Thresholding. Wavelet thresholding are emphasizing the reconstruction of wavelet using a number of the largest coefficient or can be said that only coefficient greater than threshold value, while other coefficients are ignored. There're Several factors affect the smoothness estimate on Wavelet Thesholding include the type of wavelet function, types of functions thresholding, thresholding parameters, and the level of resolution. On the issue of the problems is to have optimal threshold value. Based on the results of empirical studies of data of the rupiah against the US dollar using wavelet thresholding method produced a value Mean Square Error (MSE) that smaller compared to analysis using the method of approach Multiresolution Analysis (MRA). Analysis using Wavelet Thresholding with a case study of the rupiah against the US dollar is considered better than the analysis using MRA approach.

Keywords: *Multiresolution Analysis, Wavelet Estimator thresholding.*

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN I	ii
HALAMAN PENGESAHAN II.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	vii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Kurs Rupiah Terhadap Dollar US	6
2.2 Data Runtun Waktu	7
2.3 Asumsi- Asumsi dalam Analisis Runtun Waktu	8
2.3.1 Uji Normalitas Residual	8
2.3.2 Uji Independensi Residual.....	9
2.3.3 Uji Homogenitas Residual.....	9

2.4	Stasioneritas.....	10
2.5	Ruang Vektor.....	11
2.6	Ruang Hasil Kali Dalam.....	14
2.7	Deret Fourier.....	16
2.8	Fungsi Wavelet.....	16
2.9	Analisis Multiresolusi.....	19
2.10	<i>Discrete Wavelet Transform</i> (DWT).....	22
2.11	<i>Maximal Overlap Discrete Wavelet Transform</i> (MODWT).....	23
2.12	Filter Wavelet dan Filter Skala MODWT.....	24
2.13	Konsep Dasar MODWT.....	29
2.14	Definisi dari Koefisien MODWT <i>Level</i> ke- j	31
2.15	Algoritma Piramida MODWT.....	34
2.16	Analisa Runtun Waktu Menggunakan <i>Wavelet Thresholding</i>	36
2.17	Langkah–langkah <i>Thresholding</i>	37
2.17.1	Pemilihan Fungsi <i>Thresholding</i>	38
2.17.2	Estimasi Nilai σ	39
2.17.3	Pemilihan Parameter <i>Thresholding</i>	40
2.18	<i>Means Square Error</i> (MSE).....	43

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1	Sumber Data.....	44
3.2	Metode Analisis Data.....	44
3.3	Diagram Alir Penelitian.....	45

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Deskripsi Data	47
4.2	Pendekatan MRA pada MODWT	49
4.2.1	Pendekatan MRA Menggunakan Filter Haar	49
4.2.2	Pendekatan MRA Menggunakan Filter Daubechies 4	51
4.2.3	Pendekatan MRA Menggunakan Filter Coiflets 6	53
4.3	Analisis Data Runtun Waktu Menggunakan Metode <i>Wavelet Thresholding</i>	54
4.3.1	Analisis <i>Wavelet Thresholding</i> Menggunakan Filter Haar.....	53
4.3.2	Analisis <i>Wavelet Thresholding</i> Menggunakan Filter Daubechies 4.....	65
4.3.3	Analisis <i>Wavelet Thresholding</i> Menggunakan Filter Coiflets 6.....	75
4.4	Pemilihan Model Terbaik	83

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan	86
5.2	Saran	86

DAFTAR PUSTAKA	87
----------------------	----

LAMPIRAN	89
----------------	----

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel. 1 Perhitungan Filter Wavelet	25
Tabel. 2 Nilai <i>Minimax Threshold</i>	40
Tabel. 3 Perhitungan Dickey Fuller	48
Tabel. 4 Nilai MSE Pendekatan MRA Filter Haar	51
Tabel. 5 Nilai MSE Pendekatan MRA Filter d4	52
Tabel. 6 Nilai MSE Pendekatan MRA Filter c6	54
Tabel. 7 Nilai P-value Normalitas Filter Haar	56
Tabel. 8 Uji Independensi Residual Filter Haar	57
Tabel. 9 Uji Homogenitas Residual Filter Haar	60
Tabel. 10 Nilai SURE Filter Haar	61
Tabel. 11 Nilai MSE <i>Minimax Thresholding</i> Filter Haar	65
Tabel. 12 Uji Normalitas Residual Filter d4	67
Tabel. 13 Uji Independensi Residual Filter d4.....	68
Tabel. 14 Uji Homogenitas Residual Filter d4.....	70
Tabel. 15 Nilai SURE Filter d4.....	71
Tabel. 16 Nilai MSE <i>Minimax Thresholding</i> Filter d4.....	74
Tabel. 17 Uji Normalitas Residual Filter c6	76
Tabel. 18 Uji Independensi Residual Filter c6.....	77
Tabel. 19 Uji Homogenitas Residual Filter c6.....	79
Tabel. 20 Nilai SURE Filter c6	80

Tabel. 21 Nilai MSE Minimax <i>Thresholding</i> Filter c6	82
Tabel. 22 Nilai MRA Terbaik	83
Tabel. 23 Pemilihan Model Terbaik <i>Wavelet Thresholding</i>	84

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar. 1 Fungsi <i>Hard</i> dan <i>Soft Thresholding</i>	38
Gambar. 2 Diagram Alir Penelitian	46
Gambar. 3 Plot Data Kurs Rupiah Terhadap Dollar US	47
Gambar. 4 Grafik Pendekatan MRA Filter Haar	50
Gambar. 5 Grafik Pendekatan MRA Filter d4	52
Gambar. 6 Grafik Pendekatan MRA Filter c6	53
Gambar. 7 Grafik <i>Soft Adaptive Thresholding</i> Filter Haar	62
Gambar. 8 Grafik <i>Soft Minimax Threshold</i> Filter Haar	63
Gambar. 9 Grafik <i>Hard Minimax Threshold</i> Filter Haar	64
Gambar. 10 Grafik <i>Soft Adaptif Threshold</i> Filter d4	72
Gambar. 11 Grafik <i>Soft Minimax Threshold</i> Filer d4	73
Gambar. 12 Grafik <i>Hard Minimax Threshold</i> Filter d4	74
Gambar. 13 Grafik <i>Soft Adaptive Thresholding</i> Filter c6	80
Gambar. 14 Grafik <i>Soft Minimax Adaptive Threshold</i> Filter c6	81
Gambar. 15 Grafik <i>Hard Minimax Adaptive Threshold</i> Filter c6	82
Gambar. 16 Gabungan Penggambaran Data Taksiran Pendekatan MRA, <i>Minimax Thresholding</i> Menggunakan Filter Haar Terhadap Data Asli.....	85

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran. 1 Nilai Tukar Rupiah Terhadap Dollar US Tahun 2004-2014	89
Lampiran. 2 Deskripsi Data	91
Lampiran. 3 Pendektan MRA Menggunakan Filter Haar	92
Lampiran. 4 Pendektan MRA Menggunakan Filter db4	93
Lampiran. 5 Pendektan MRA Menggunakan Filter c6	94
Lampiran. 6 Tranformasi MODWT Filter Haar	95
Lampiran. 7 Analisis dengan <i>Universal Thresholding</i> dengan Filter Haar	96
Lampiran. 8 Analisis dengan <i>Adaptive Thresholding</i> dengan Filter Haar	108
Lampiran. 9 Analisis dengan <i>Minimax Thresholding</i> dengan Filter Haar	110
Lampiran. 10 Transformasi MODWT Filter d4	113
Lampiran. 11 Analisis dengan <i>Universal Thresholding</i> dengan Filter d4	114
Lampiran. 12 Analisis dengan <i>Adaptive Thresholding</i> dengan Filter d4	123
Lampiran. 13 Analisis dengan <i>Minimax Thresholding</i> dengan Filter d4	125
Lampiran. 14 Transformasi MODWT Filter c6	127
Lampiran. 15 Analisis dengan <i>Universal Thresholding</i> dengan Filter c6	128

Lampiran. 16 Analisis dengan <i>Adaptive Thresholding</i> dengan	
Filter c6	133
Lampiran. 17 Analisis dengan <i>Minimax Thresholding</i> dengan	
Filter c6	137

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Nilai tukar uang suatu negara sangat penting dalam perekonomian negara. Nilai tukar suatu negara dapat ditentukan dari nilai per unit terhadap mata uang negara lainnya. Nilai tukar sering disebut dengan kurs (*exchange rate*) yaitu perbandingan nilai mata uang antar negara. Menurut Triyono (2008), nilai tukar merupakan salah satu harga yang penting dalam perekonomian terbuka karena ditentukan oleh adanya keseimbangan antara permintaan dan penawaran yang terjadi di pasar. Nilai mata uang yang stabil menunjukkan bahwa negara tersebut memiliki kondisi ekonomi yang relatif baik. Oleh karenanya menjadi sangat penting untuk dapat mengetahui estimasi yang tepat guna memodelkan nilai kurs. Data nilai tukar rupiah yang cenderung mengalami kenaikan yang ekstrim dan penurunan nilai yang ekstrim menjadikannya sangat perlu untuk dianalisis. Analisis ini nantinya diharapkan akan dapat membantu dalam meramalkan nilai tukar rupiah di kemudian hari.

Pemodelan data runtun waktu (*time series*) erat kaitannya dengan proses peramalan akan suatu nilai tertentu di masa depan. Dengan model yang akan diperoleh nanti, diharapkan dapat dilakukan tindakan lanjut seperti peramalan. Menurut Makridakis (1999), dengan mendeteksi pola dan kecenderungan data *time series* kemudian memformulakannya dalam suatu model, maka dapat digunakan untuk memprediksi data di masa mendatang. Prediksi inilah yang

nantinya dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam mengambil keputusan. Data time series nilai tukar rupiah terhadap dollar US yang mengalami fluktuasi dimana terdapat nilai ekstrim mengakibatkan analisis dengan menggunakan ARIMA sulit untuk dilakukan karena harus memenuhi asumsi asumsi yang terkait di dalamnya seperti normalitas pada residual, homogenitas, independensi dan stasioneritas. Sebagai alternatif lain untuk menganalisis data yang serupa maka digunakan metode *nonparametric* salah satunya adalah metode wavelet.

Wavelet adalah salah satu alat matematika untuk menganalisis data *time series*. Data *time series* yang diambil berdasarkan data urutan observasi tertentu dengan variabel independen t . Variabel t dapat diasumsikan sebagai runtutan data diskret dari nilai integer atau rangkaian dari nilai bilangan *real* contoh dari keduanya adalah waktu, kedalaman, atau jarak (Percival dan Walden, 2000). Wavelet diperkenalkan sepanjang tahun 1980-an hingga awal tahun 1990-an yang awalnya populer sebagai literatur untuk analisis gelombang. Tapi seiring berkembangnya ilmu pengetahuan, wavelet berkembang di berbagai cabang ilmu statistika salah satunya analisis runtun waktu (Nason, 2008).

Transformasi wavelet terdapat dua macam yaitu *Discrete Wavelet Transform* (DWT) dan *Continues Wavelet Transform* (CWT). Di dalam DWT hanya diberlakukan aturan dimana DWT dapat dilakukan pada ukuran sampel 2^j untuk suatu bilangan bulat positif j . Maka untuk mengatasi masalah ukuran sampel yang terbatas pada DWT dilakukan pengembangan lebih lanjut, yang lebih dikenal dengan *Maximal Overlap Discrete Wavelet Transform* (MODWT).

MODWT memiliki keunggulan yaitu dapat diberlakukan untuk setiap ukuran sampel N (Percival dan Walden, 2000).

Estimasi wavelet ada dua yaitu estimator wavelet *linear* dan estimator wavelet *non-linear*. Estimator wavelet linear dapat didekati dengan menggunakan Analisis Multiresolusi (MRA), sedangkan untuk estimator wavelet non-linear dapat dianalisis dengan menggunakan Wavelet Thresholding.

Wavelet Thresholding merupakan suatu metode yang memiliki prinsip untuk mempertahankan koefisien wavelet yang nilainya lebih besar dari suatu nilai *threshold* tertentu dan mengabaikan koefisien wavelet yang kecil. Selanjutnya koefisien yang besar ini digunakan untuk mengkonstruksi estimator fungsi yang dicari. Pada estimasi fungsi dengan metode *Wavelet Thresholding*, tingkat kemulusan estimator ditentukan oleh pemilihan jenis fungsi wavelet, level resolusi, jenis fungsi *thresholding*, dan parameter *threshold*. Namun yang paling dominan menentukan tingkat kemulusan estimator adalah parameter *threshold*. (Suparti, dkk 2008). Terdapat dua kategori pemilihan parameter yaitu memilih satu harga *threshold* untuk seluruh level resolusi (pemilihan secara global) yaitu *threshold minimax* dan *threshold universal*. Selanjutnya terdapat pemilihan *threshold* yang tergantung pada level resolusi yaitu *threshold adaptive* dan *threshold top* (Suparti, dkk, 2007).

Pada tugas akhir ini dibahas penggunaan metode *Wavelet Thresholding* dan *Maximal Overlap Discrete Wavelet Transform* untuk menganalisis data runtun waktu nilai tukar rupiah terhadap dollar US. Estimasi *Wavelet Thresholding* menggunakan *soft* dan *hard thresholding*. Sedangkan parameter wavelet optimal yang digunakan adalah *minimax*, *universal* dan *adaptive*

threshold. Sebagai penentu model terbaik digunakan nilai *Means Square Error* (MSE) sebagai penentu dengan memilih nilai MSE terkecil. *Software* yang digunakan dalam membantu analisis ini adalah R.3.3.1.

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana metode *Wavelet Thresholding* menggunakan transformasi Maximal Overlap Discrete Wavelet Transform dengan filter Haar, Daubechies, dan Coiflets digunakan untuk menyelesaikan masalah data *time series* sehingga diperoleh metode yang terbaik.

1.3 Batasan Masalah

Penulis membatasi pembahasan masalah dalam penulisan Tugas Akhir ini antara lain :

1. Keluarga wavelet yang digunakan pada kasus ini adalah wavelet Haar (Daubechies 2), db4 (Daubechies 4) dan c6 (Coiflets 6).
2. Transformasi wavelet yang digunakan adalah *Maximal Overlap Discrete Wavelet Transform*.
3. Parameter yang digunakan pada kasus ini adalah *minimax threshold*, *universal threshold* dan *adaptive threshold*.
4. Digunakan nilai MSE untuk mengukur *error* dalam estimasi model data *time series* terbaik.
5. Data yang digunakan dalam simulasi adalah nilai tukar bulanan rupiah terhadap dollar US tahun 2004-2014 yang diperoleh dari BI.

1.4 Tujuan

Menganalisis data runtun waktu menggunakan metode *Wavelet Thresholding* dengan transformasi MODWT dan filter Haar, Daubechies, dan Coiflets untuk menyelesaikan masalah data *time series* sehingga diperoleh pemodelan yang terbaik dengan membandingkannya dengan pendekatan Analisis Multiresolusi (MRA) menggunakan alat bantu *software* R.3.3.1.